STORIA DELL'OROLOGIO SOLARE A RIFRAZIONE

Nicola Severino www.nicolaseverino.it marzo 2009



L'affascinante e poco conosciuta storia dei primi orologi solari a rifrazione, nasce da una leggenda e dall'antica arte di misurare il tempo. La leggenda è la straordinaria vicenda biblica della retrogradazione dell'ombra sull'orologio del Re Achaz, mentre l'arte di misurare il tempo a mezzo delle ombre solari, la gnomonica, è la parte realistica e pratica della storia di questo orologio. Non abbiamo notizie dell'uso di orologi a rifrazione nell'antichità classica e romana, come anche durante tutto il medioevo. Abbiamo certezze sull'uso di orologi ad acqua, già nell'antico Egitto, o nella Grecia come il monumentale e famoso orologio solare e ad acqua della Torre dei Venti, come anche furono fatti orologi emisferici, ma non abbiamo testimonianze e indizi per credere che furono realizzati orologi solari a rifrazione. Tutto ciò che sappiamo è che fino ad almeno il XV secolo, il fenomeno della rifrazione è stato basato e studiato sulla base degli esperimenti fatti dagli studi sull'ottica di Tolomeo, rimaneggiati quindi da illustri personaggi come Roberto Grossatesta, Alhazen, Vitellione ecc. che hanno formato il corpus di studi su cui si sono basati gli autori della Rinascenza.

Può sembrare strano che in un lasso di tempo enorme, come quello di oltre sei secoli di storia dall'ellenismo fino alla fine dell'impero romano, nessuno abbia fatto caso alla rifrazione di raggi solari in una coppa o una vasca. Gli stessi "hemisphaerium", stando all'aperto, quando pioveva dovevano riempirsi d'acqua: è possibile che mai nessuno abbia fatto caso alla curiosità della deviazione dell'ombra dello gnomone quando l'orologio era pieno d'acqua? In realtà è possibile, anzi è sicuro che tale fenomeno sia stato visto, ma è improbabile che sia stato pensato come ad una possibile variante gnomonica di orologio solare, probabilmente proprio in base alle difficoltà oggettive date dalla determinazione della variabilità del rapporto tra l'angolo di incidenza e quello di rifrazione.

Tolomeo quindi sembra sia stato il primo autore a compiere studi approfonditi sul fenomeno della riflessione e rifrazione della luce, cercando dei principi fisici che spiegassero entrambi. Egli sapeva che l'angolo di incidenza è uguale all'angolo di riflessione, ma nella rifrazione la cosa è diversa e per ottenere la relazione tra l'angolo di incidenza e quello di rifrazione egli inventò uno strumento consistente in un disco graduato e con diverse marcature le quali stabiliscono le linee visuali per misurare gli angoli di rifrazione corrispondenti agli angoli di incidenza con intervalli di 10 gradi.
Incredibile a dirsi, il metodo di Tolomeo non solo ha retto per tutto il Medioevo, ma addirittura è stato impiegato e forse migliorato – come vedremo tra poco - nelle pratiche di costruzione dei primi orologi solari a rifrazione nel XVI secolo.

Qui a lato si vede una tabella dei valori trovati da Tolomeo degli angoli di rifrazione corrispondenti agli angoli di incidenza con passo di 10 gradi, come riportato nel suo strumento. Tale tabella sarà utilizzata da tutti gli autori successivi che scriveranno trattati di ottica e fisica e soprattutto da Vitellione che ne ricaverà altre forse più precise, discostandosi però di poco dai valori ottenuti da Tolomeo.

Angoli	i	r
Aria - Acqua	0	0°
	10	8°
	20	15° 30’
	30	22° 30’
	40	29°
	50	35°
	60	40° 30’
	70	45° 30’
	80	50°

Ma lasciamo le interessanti disquisizioni sugli studi fisici della rifrazione per passare nello specifico alla storia dei primi orologi solari a rifrazione. Le maggiori informazioni su questo argomento ci sono state lasciate da Oddi Muzio da Urbino il quale scrisse il famoso libro “*De gli Horologi Solari Trattato*”, pubblicato a Venezia in due edizioni, la prima nel 1614 e la seconda nel 1638[1]. Sottolineo ancora il fatto che egli è l’unico autore a fornire informazioni storiche sugli orologi solari a rifrazioni e perciò le poche righe che ci ha lasciato sono per noi l’unica preziosa fonte cui possiamo attingere. Anche se il passo è ben noto agli appassionati, per dovere di cronaca e per completezza di informazione ne riporto le linee essenziali relative proprio agli orologi e ai personaggi citati:

“…Chi di così curiosa cosa sia stato l’autore, non saprei darne certa notizia, non sapendo che nessuno de gl’Antichi n’habbia lasciato memoria alcuna: ben so de moderni, che l’anno 1572. L’illustrissimo Signor Guidobaldo de Marchesi Del Monte ne fece fare uno da Simone Baroccio, eccellente artefice, in una mezza sfera d’ottone, et hollo avuto nelle mani molto tempo, il quale servì poi come per modello d’uno, che d’ordine del Duca Francesco Maria Secondo, ne fu fabbricato entro la tazza della fonte, che è nel Giardino pensile del suo Magnificentissimo Palazzo d’Urbino; come si vede fino al giorno d’hoggi: e circa ai medesimi tempi Gio: Battista Benedetti pubblicò la sua Gnomonica, nella quale fece mentione con un particolare Capitolo di questo istesso Horologio : et un giorno parlandone io col Padre Cristoforo Clavio in Roma, mi disse, che Giovanni da Monteregio n’havea fatto uno ancor lui, per un Principe d’Alemagna. Si conservano ancora presso di me alcuni fogli disegnati dal Commandino, che, per quanto ho potuto congetturare, giva cercando la ragione della varietà de gl’angoli delle refrattioni, non retirandosi uniformemente l’ombre fatte dal Gnomone, quando il Sole è vicino all’Orizonte, da quando è alto da terra, benche habbia trascorso intervalli uguali, forse per comporne le tavole à questo effetto, non essendo le medesime, che quelle d’Alazeno e di Vittellione. Né il Benedetti, né il Signor Guidobaldo le fecero; ma solo accennarono il come si haverebbe à fare per comporle, e però la fabbrica di questi Horologi, fino adesso, si riduce ad una mera pratica…”

In questo passo c’è tutta la storia degli orologi solari a rifrazione. Noi possiamo solo aggiungere notizie di altri libri, altri autori che ne hanno trattato e di quei pochi strumenti che si conservano ancora nei più importanti musei del mondo. Ma senza le informazioni di Oddi Muzio, oggi non sapremmo quasi nulla di questi straordinari strumenti.
Analizzando lo scritto abbiamo le diverse informazioni:

Il primo in ordine cronologico che abbia costruito un orologio solare a rifrazione, è Giovanni da Monteregio. La fonte è straordinariamente importante ed attendibile: padre Cristoforo Clavio, con cui Oddi Muzio parlò in Roma di questo argomento. Non abbiamo nessun indizio, a parte il ricordo di Oddi, che possa testimoniare questa notizia. Dei libri di Regiomontano che ci sono pervenuti, nessuno, a mio sapere, contiene tracce su questi strumenti. D’altra parte, il costruire un simile apparato “fisico-gnomonico”, era in quei tempi probabilmente considerato come una sorta di esperimento dilettevole. Può darsi che Regiomontano non abbia fatto in tempo a pubblicare qualcosa su questo orologio, avendolo realizzato in tarda età. Il fatto invece che egli l’abbia regalato

[1] Su Oddi Muzio e la sua opera gnomonica si veda il mio lungo ed esauriente articolo pubblicato su questo stesso sito.

ad un principe tedesco, potrebbe dirci che l'orologio non era allo stato di esperimento ma che doveva funzionare in modo abbastanza preciso, altrimenti che figura avrebbe fatto un autore così importante?

Nel 1572 Guidobaldo del Monte, di cui Oddi Muzio era allievo, fece costruire un orologio portatile in una "mezza sfera d'ottone", dall'eccellente "artefice", Simone Baroccio. In quei tempi erano famosi gli orologi solari realizzati nei calici (piramide inversa li chiamavano) e in latino "cratere", questo fu fatto in un calice di ottone a forma di semisfera cava. Oddi parlava per esperienza perché essendo allievo di Guidobaldo, poteva vedere questi strumenti ed averli nelle proprie mani (*et hollo avuto nelle mani molto tempo*) per studiarli. Incredibilmente questo raro orologio a rifrazione ci è pervenuto fino ad oggi, conservato dal 1574 nelle collezioni medicee ed oggi nell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze.



Figura 1 Orologio si Simone Baroccio conservato nel Museo di Storia della Scienza di Firenze www.imss.fi.it

Lo possiamo ammirare nella foto pubblicata nel sito del Museo. Lo strumento non si mostra artisticamente molto decorato e sembra davvero quasi una sorta di esperimento. Ciò probabilmente è dovuto anche al fatto che il tracciato orario era delineato "per mera pratica", come descritto da Oddi nel suo libro.[2]

Le linee di declinazione relative ai solstizi, che in un normale emisfero sono equidistanti tra loro, non lo sono in questo caso: per tenere conto della rifrazione dell'ombra dello gnomone nell'acqua, il tropico del capricorno è molto più vicino alla linea equinoziale che non al tropico del cancro con una differenza di almeno 4 gradi. Così la linea equinoziale interseca la linea meridiana ad una altezza di 32 gradi! Sono questi gli "effetti" della rifrazione in un orologio costruito per la latitudine di 43° 30' che è quella approssimativamente di Firenze ed Urbino. Lo gnomone, che è generalmente parallelo all'asse terrestre ed è perpendicolare al piano equinoziale, in questo caso risulta essere perpendicolare al piano equinoziale rifratto (32°), come si può vedere dalla figura dell'articolo di Camerota.

[2] Per una dettagliata descrizione di questo orologio si veda Filippo Camerata, "*Two new attributions: a refractive dial of Guidobaldo del Monte and the "Roverino ccompass" of Fabrizio Mordente*", in Nuncius, A. 18, vol 1 (2003) p. 25-37

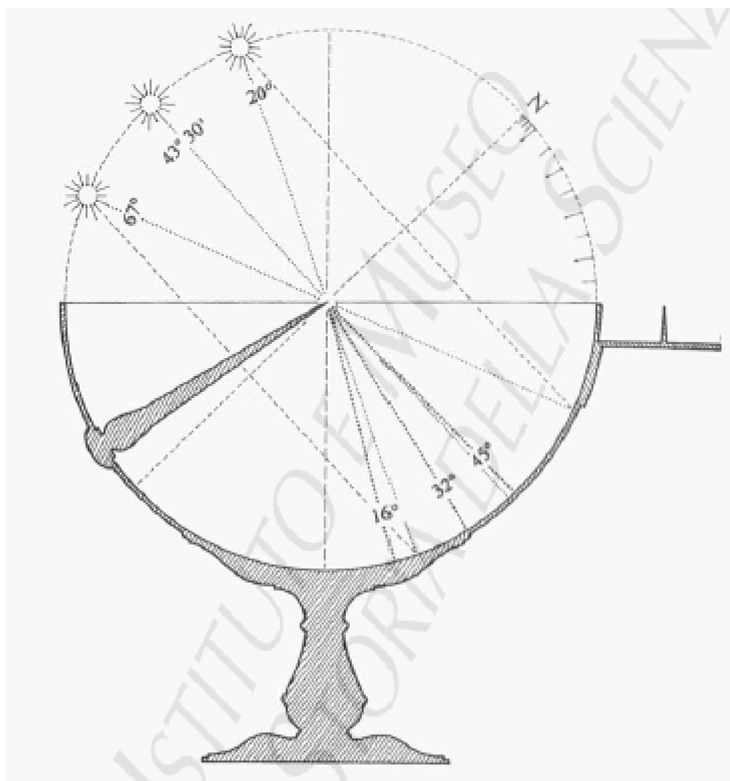


Figura 2 Schema dell'orologio di Simone Baroccio dall'articolo di Camerata (www.imss.fi.it)

Tale strumento avrebbe, secondo Oddi, ispirato il Duca Francesco Maria Secondo a farne uno per il giardino "pensile" del suo Palazzo in Urbino. E' evidente che il duca avrebbe potuto avere l'idea di farne uno di grandi dimensioni nel suo giardino perché un orologio di tal fatta sarebbe risultato quanto meno curioso, spettacolare ed affascinante per i visitatori del suo giardino. Quanto poi a stabilire che fosse fatto nella "tazza della fonte" è probabile che sia un'idea di Guidobaldo ed è interessante notare che la forma di questa "tazza della fonte" non è un normale emisfero, come l'orologio di Baroccio, ma è di forma "semi ellittica", ed è probabile che le linee orarie qui tracciate siano state desunte dal prototipo di Baroccio. Il tracciato orario consiste in una serie di linee orarie italiche numerate da 11 a 23 ed attraversate dalla linea meridiana e dalla linea equinoziale. La tazza esisteva già nel palazzo di Urbino, come testimoniato da Bernardino Baldi nella sua "*Descrizione del palazzo ducale d'Urbino*" del 1587 e la forma concava della stessa dovette ispirare l'idea di farci l'orologio solare a rifrazione dopo aver visto l'esemplare di Baroccio. Baldi era anch'egli un allievo di Guidobaldo del Monte e quando nel 1587 descrisse la fontana come "*un gran vaso tutto d'un pezzo, posato sopra un piede a guisa di coppa*", l'orologio nella tazza non era ancora stato realizzato, ma ha voluto in qualche modo ricordarlo poi lasciandoci un epigramma che ne testimonia anche l'autore:

"*Sopra un orologio da sole oprato con acqua del P. Guido Baldo de' Marchesi del Monte*"

"Non è tazza di bacco e di Fileno
Quel che là vedi concavo emispero;
Orologio è ch'al sol dimostra il vero,
Se fin'a l'orlo è di bell'onda pieno.
Ha dunque doppio il vaso in sé calore,
Poi ch'a' labri dà il fonte, agli occhi l'ore"[3]

[3] Bernardino Baldi, *Gli epigrammi inediti, gli apologhi e le ecloghe*, edito da Domenico Ciàmpoli, Lanciano, R. Barabba, 1974, vol. I, pag 82 (Lib II, *Epigrammi gravi*), ep. 375-

Circa nello stesso periodo, e più precisamente nel 1574, Giovambattista Benedetti pubblica la sua opera gnomonica dal titolo "*De Gnomonum Umbrarumque Solarium Usu Liber*", stampato ad Augusta Taurinorum e dedicato al principe Emanuele Filiberto, in cui scrive un piccolo capitolo su questi orologi, forse perché anch'egli ispirato dal modello di Baroccio che aveva potuto vedere di persona. Benedetti però non dice una sola parola sulla storia ed eventuali inventori e costruttori di questi orologi, come ha fatto poi Oddi Muzio, ma si limita a descrivere un metodo pratico per la costruzione del modello simile a quello di Baroccio. Tuttavia, si deve sottolineare che probabilmente, stando alle fonti che abbiamo e a quanto riporta Turner[4], G.B. Benedetti sarebbe il primo autore a pubblicare a stampa un piccolo capitolo descrittivo degli orologi solari a rifrazione. L'esperimento pratico che descrive però si basa ancora una volta su uno strumento che è all'incirca una copia di quello di Tolomeo per trovare gli angoli di rifrazione, derivato ed aggiustato dagli studi di Vitellione con il quale si cerca di arrivare a delineare le linee orarie di un orologio solare rifratto partendo da un tracciato orario di un normale orologio solare non rifratto.[5]

> *Si conservano ancora presso di me alcuni fogli disegnati dal Commandino, che, per quanto ho potuto congetturare, giva cercando la ragione della varietà de gl'angoli delle refrattioni, non retirandosi uniformemente l'ombre fatte dal Gnomone, quando il Sole è vicino all'Orizonte, da quando è alto da terra, benche habbia trascorso intervalli uguali, forse per comporne le tavole à questo effetto, non essendo le medesime, che quelle d'Alazeno e di Vittellione. Né il Benedetti, né il Signor Guidobaldo le fecero; ma solo accennarono il come si haverebbe à fare per comporle, e però la fabbrica di questi Horologi, fino adesso, si riduce ad una mera pratica…*

Quest'ultimo passo di Oddi, ci offre ancora una preziosa testimonianza: quella di Federico Commandino di cui egli conservava in casa sua alcuni disegni che testimoniavano studi ed esperimenti del grande matematico sulla rifrazione atti a comporre tavole per formare orologi solari rifratti che non fossero le già note ed utilizzate tavole di Halazen e Vitellione. Commandino avrebbe potuto trasmettere questi studi a Guidobaldo del Monte, suo discepolo.

Qui finiscono le informazioni dateci da Oddi Muzio alle quali possiamo aggiungere alcune cose che possono considerarsi degli importanti anelli mancanti alla cronologia storica dell'orologio solare a rifrazione. Questi anelli sono tre di cui due molto importanti ed un altro, in vero non meno importante, ma di cui purtroppo sappiamo molto poco.

Abbiamo appreso da Oddi, il quale parlava per sentito dire da Clavio, che Regiomontano avrebbe costruito un orologio solare rifratto per un principe tedesco. Non sappiamo quando Regiomontano avrebbe costruito questo orologio, ma è presumibile che egli fosse stato forse il primo autore di grande fama a farlo. A seguirlo, e probabilmente sulla scorta dei suoi studi, fu il grande gnomonista Georg Hartman che probabilmente vide il modello che Regiomontano mandò al principe tedesco (passando poi l'informazione a Clavio) e da quello iniziò i suoi studi sulla rifrazione e sui modi di fare orologi solari rifratti. Hartman aveva un grande interesse per l'ottica, tanto da pubblicare una famosa edizione della *Perspectiva Communis* di Pecham, stampata a Norimberga da Iohannes Petreius su cui si basarono tutte le edizioni successive nel XVI secolo. Sia Hartman che Regiomontano utilizzarono le tavole della rifrazione di Tolomeo per studiare il modo pratico di realizzare orologi solari a rifrazione le quali sarebbero diventate, a dispetto del testo di Tolomeo, un importante manuale per chi avesse voluto fare il costruttore di orologi solari del genere.

E' strano che un autore come Oddi Muzio abbia dimenticato di nominare Hartman, soprattutto perché egli ci ha lasciato almeno tre stupendi esemplari di orologi rifratti. Il primo è conservato nel

---

[4] Anthony J. Turner, *Dialling in the Time of Giovan Battista Benedetti*, in Antonio Manno (ed.), *Cultura, Scienze e Tecniche nella Venezia del Cinquecento. Atti del Convegno Internazionale di Studio Giovan Battista Benedetti e il suo tempo*, Venezia, istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 1987, pp. 311-322, p. 315.

[5] "*Collocata deinde rota in vase aqua pleno ad solem, ita tamen vt dimidium eius exactè in aqua mergatur, vnaque quarta divisa penitus emineat aquae, altera penitus in aquam mergatur, postmonud dicta vas…*".

Museo de Santa Cruz a Toledo (Spagna).[6] Una iscrizione incisa lo identifica come fatto specificamente per ricordare il miracolo dell'Orologio di Achaz:

> *"Hydravlicum quod mirabili artificio horologium Achas in quo Esaias umbram solis retrorsvm dvxit decem gradibus quarto regvm 20. Ca: Esaia 38. Ca: Parali 2. Ca 32/ imitatur".*

Esso mostra le ore eguali astronomiche ed è fatto per la latitudine di 41° 41' che non è la latitudine di Toledo in Spagna (39° 52') ma, combinazione, quella del mio paese Roccasecca! Che Hartman abbia operato un tempo dalle mie parti? E' probabile perché abbiamo la testimonianza del suo viaggio a Roma[7] dove egli vide l'orologio calendario di Palazzo Valle. L'orologio è datato 1547.

L'orologio di Hartman in Italia: originale, un falso o una svista?

Un altro esemplare è conservato al Museo Nacional de Ciencia y Tecnologia a Madrid, reca la stessa data del precedente ed è fatto per la stessa latitudine con un'iscrizione molto simile.
Su questo devo dire qualche parola in più. Nel settembre del 1998, pubblicavo il primo numero della rivista Gnomonica in cui Lino Colombo scriveva un articolo dal titolo "*La meridiana di Acaz. Un orologio solare a rifrazione di George Hartman datato 1547*" e sottotitolo "*L'oggetto di ottone a forma emisferica, lordo e misconosciuto, è stato fortunosamente nonché abilmente recuperato in un mercatino lombardo, da un antiquario di Busto Arsizio a metà aprile del 1998*".
E davvero ci avevamo creduto, tanto che Colombo scrisse verso la fine dell'articolo: "*Alla fine del mese di aprile abbiamo proceduto al restauro del nostro reperto, liberandone la superficie metallica dalla crosta di sporco; lo stilo è stato ricostruito nelle giuste dimensioni e il foro sul fondo è stato chiuso con una bussola moderna. Riempita d'acqua la scafea ha così ripreso a funzionare perfettamente, indicando il tempo solare vero locale*".
Evidentemente non ci si può fidare troppo degli antiquari, molto più abili a falsificare patacche passate per antiche e a venderle. Il reperto "abilmente recuperato" nel mercatino lombardo è un classico falso. L'originale è attualmente conservato nel museo spagnolo predetto e lo si può vedere in una foto tratta dal sito web originale dello stesso istituto.[8]

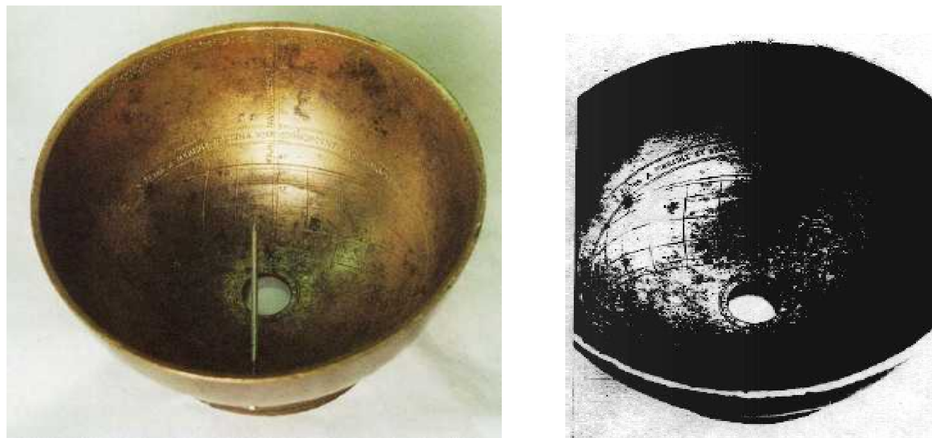


Figura 3-4 L'orologio di Hartman presente nel Museo Nazionale di Scienza e Tecnologia di Madrid; a destra il "reperto" trovato e pubblicato da Lino Colombo.

---

[6] Allan A. Mills, *The 'Dial of Ahaz?, and Refractive Sundials in General, part I: Schape Dials*, "Bulletin of the Scientific Instrument Society", vol. 44, 1995, pp. 21-24, pp. 22-23
[7] Si veda il mio articolo specifico su Hartman su questo stesso sito.
[8] L'artcolo di Colombo è del 1998, e all'epoca nessuno sapeva dell'esistenza di questo orologio nel museo spagnolo. Inoltre l'articolo di Sven Duprè che lo cita apparve sulla rivista Nuncius solo nel 2003.

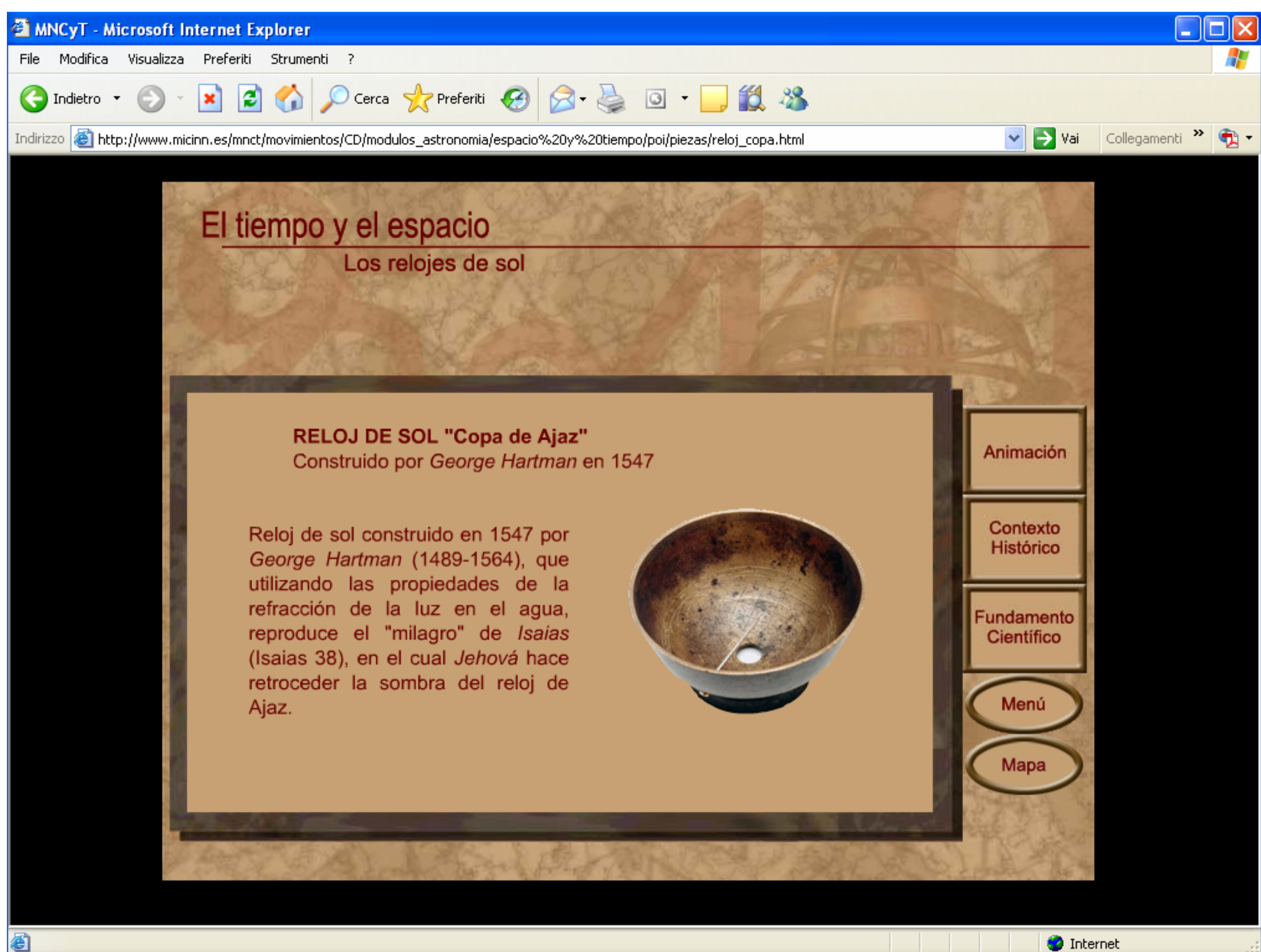
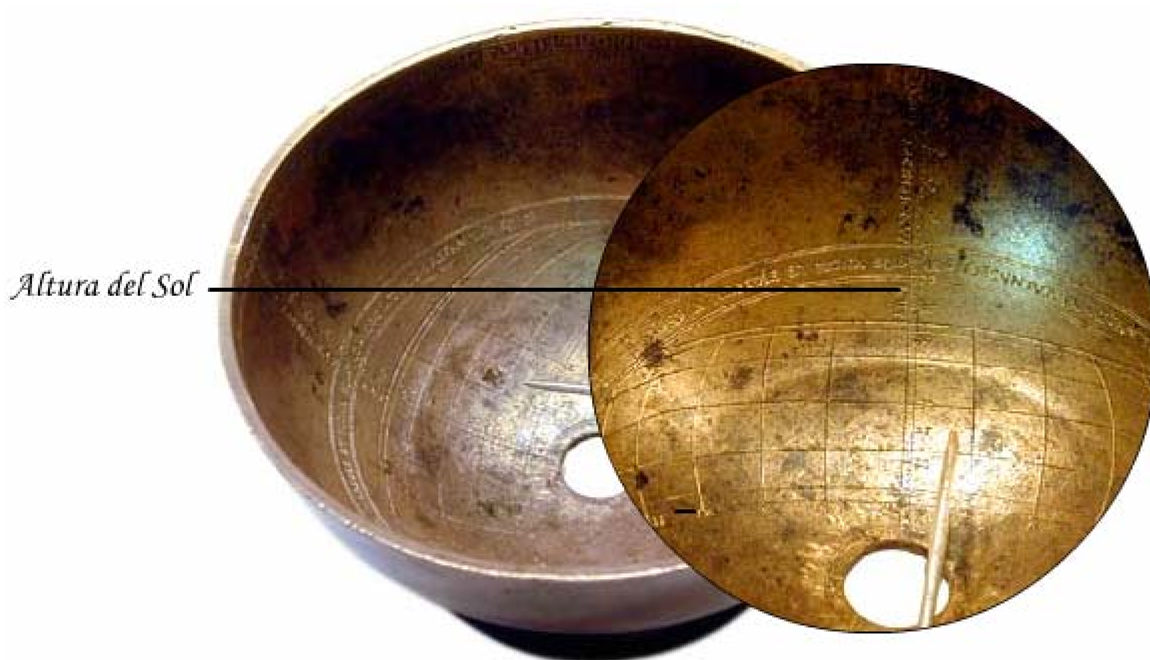


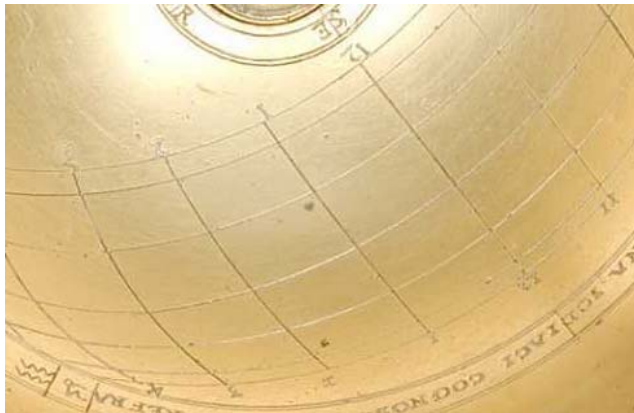
Fig. 5 L’orologio originale di Hartman conservato nel museo di Madrid, come si vede dalla pagina del sito web dello stesso istituto:
http://www.micinn.es/mnct/movimientos/CD/modulos_astronomia/espacio%20y%20tiempo/poi/piezas/reloj_copa_2.html
in cui è possibile anche ammirare una bella “animazione” del funzionamento dell’orologio.



Un terzo orologio a rifrazione di Hartman si trova nella collezione dell’Historical Scientific Instruments dell’Università di Harvard, ed è datato 1548.









In queste immagini si vede l’orologio a rifrazione di Hartman della collezione dell’Historical Scientific Instruments ad Harvard (http://www.fas.harvard.edu/~hsdept/chsi.html)



Indica le ore eguali astronomiche e la sua realizzazione gnomonica ed artistica è di squisita fattura e dimostra, nel 1548, l’alto livello di esecuzione cui era arrivato Hartman nel realizzare questi rari strumenti.
Mentre qui a sinistra si vede un disegno da un manoscritto di Hartmann in cui è rappresentato un orologio a calice con la proiezione in piano del suo tracciato oraria interno. Reca l’anno 1560 e non sappiamo se si tratta di un orologio a rifrazione o normale. Ha una strana doppia numerazione oraria invertita, in numeri arabi e romani. Un’altra questione storica che riguarda Hartman è una presunta attribuzione di un orologio solare a rifrazione in un altro suo manoscritto. Sven Duprè[9], scrive di aver consultato il manoscritto di Hartman “Collectanae Matematica” della Osterreichische Nationalbibliothek di Vienna, cod. Vindob. 12768; Herzogin Anna Amalia Bibliothek (Weimar), Cod. fol. Max. 29, e non ha trovato nessun

[9] Sven Duprè The Dioptrics of refractive dials inthe sixteenth century, in Nuncius, anno XVIII, 2003, fasc. 1, Leo Olsky, Firenze. Pp. 39-67: p. 53. Disponibile in (www.imss.fi.it) biblioteca digitale.

disegno di orologi solari a rifrazione. Quindi dice di aver visto nell'altro manoscritto, il RAR 434 della Bayerische Staatsbibliothek di Monaco, il disegno di un orologio solare datato 1541 che riferisce del miracolo di Achaz. Dopo aver analizzato l'orologio, nel mio articolo su Hartman su questo sito, ho evidenziato che l'autore non si riferiva ad un orologio solare a rifrazione, bensì ad un orologio del tipo cilindrico verticale in cui l'ombra di uno gnomone posto sulla sommità del cilindro saliva e scendeva, ma non nel modo riferito da Isaia nel miracolo di Achaz. Quindi, al momento, pare non siano disponibili interessanti ed ulteriori documenti, disegni, studi e schemi di orologi solari a rifrazione da parte di Hartman. Resta da sottolineare che egli, anche senza strappare il "primato" a Regiomontano il quale, secondo Cristoforo Clavio, ne fabbricò uno per un principe tedesco, deve considerarsi come il primo e maggiore artefice di questi simpatici orologi solari.

Il secondo anello mancante che può costituire un ponte storico tra Hartman e G.B. Benedetti è un personaggio oggi ignoto nella gnomonica: Ettore Ausonio di cui parla diffusamente Duprè nell'articolo citato dove cerca di dimostrare che nel XVI secolo gli gnomonisti costruivano gli orologi solari a rifrazione basandosi sulle conoscenze della rifrazione contemporanee. A questo punto si ricorda che Dupré stesso riassume gli eventi riportando che Thomas Harriot scoprì per primo le leggi della rifrazione nel 1600, ma rimasero sconosciute ai suoi contemporanei. Quindi Willebrord Snellius scoprì al 1625 la famosa legge $sin\ i/ sin\ r = n$ (con n indice di rifrazione di 1.333 per aria-acqua) e Descartes la pubblicò solo nel 1637 presumibilmente indipendentemente da Snellius. Non si hanno prove documentali che autori anteriore ad Harriot abbiano lasciato tracce della conoscenza di questa legge matematica, ma Dupré vuole dimostrare che forse attraverso metodi sperimentali essa fu in qualche modo applicata senza conoscerne la definizione algebrica.

Ettore Ausonio Baroccio era uno studente di Medicina a Padova nei primi anni del 1540. Egli nacque quindi, presumibilmente, intorno al 1520. La famiglia dei Baroccio era nota come costruttori di strumenti scientifici e proveniva forse da Milano o da Urbino, ma non si riscontrano evidenze documentali che dimostrerebbero la provenienza di Ausonio da questa famiglia. In una lettera datata 6 luglio 1562 e indirizzata probabilmente al Duca di Savoia Emanuele Filiberto, Ausonio si scusa per il ritardo dei cristalli provenienti da Murano che doveva inviargli per costruire lenti e specchi e gli promette che gli avrebbe spedito immediatamente altri strumenti matematici e qualche orologio solare a rifrazione.

Quindi si ha la prova che nel 1562 Ausonio costruiva già orologi solari a rifrazione che egli denomina "*horologii delle refrattioni*", ma purtroppo non sappiamo come egli procedeva nel realizzarli. Sicuramente vide gli strumenti di Georg Hartman che pure ne fabbricò alcuni per il Duca di Savoia (si veda il "compendium" conservato all'Adler Planetarium) e il metodo, per gli orologi a rifrazione, doveva essere presumibilmente lo stesso. Dall'analisi degli studi che Ausonio ci ha lasciato sull'ottica, sembra verosimile che egli potesse costruire gli orologi solari a rifrazione misurando gli angoli di incidenza e quelli di rifrazione.[10] Tra i suoi appunti si possono vedere due tavole di rifrazione che si ritiene fossero realizzate appositamente per costruire tali orologi. La prima tavola è incompleta e principalmente serve per fare orologi per una latitudine di 48°. Anche la seconda tavola è incompleta ma serve per fare orologi ad una latitudine di 45°. Entrambe le tavole danno sistematicamente l'angolo di rifrazione per un angolo di incidenza dei raggi solari in una precisa data calendariale, stabilita quindi dalla posizione del sole in ciascun segno zodiacale, lungo l'eclittica, ad una data ora.
Per un approfondimento del metodo utilizzato da Ausonio, rimando il lettore all'articolo di Duprè in cui egli riporta anche in forma di formula matematica il modo di calcolare gli angoli di rifrazione per ogni dato angolo di incidenza, partendo dall'osservazione della differenza tra successivi angoli di rifrazione nelle tavole di Vitellione.

[10] Sven Dupré, op. cit., p. 61

Qui sopra si vede la una tavola dei valori di rifrazione calcolata da Ausonio per la costruzione di orologi solari a rifrazione per la latitudine di 48°. Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze. (www.imss.fi.it)

Come costruivano gli orologi solari a rifrazione?

Gli autori da Hartman e fino a G.B. Benedetti utilizzavano probabilmente un fac-simile dello strumento di Tolomeo, quello che Benedetti denomina "rota", graduata, e si servivano delle tavole di rifrazione di Alazen e Vitellione (che altro non erano se non quelle di Tolomeo ritoccate da Vitellione in un solo punto: egli aveva cambiato, apparentemente senza ragione, il valore di 8° di Tolomeo nella successione degli angoli di rifrazione dall'aria all'acqua, in 7° e 55' e in 7° 45' nell'edizione Risner della sua opera). Giovanni Battista Benedetti, nel libro citato prima, *De gnomonum umbrarumque solarium usu liber*, del 1574, intitola il suo breve paragrafo dedicato a questi strumenti come "*De Horae, ex refractione radiorum*", che sembra descrivere più una prova pratica, un esperimento nel formare queste linee orarie dalla rifrazione dei raggi solari, che non un metodo consolidato dalla pratica esperienza, come per gli altri orologi normali. Si tratta invece sicuramente della prima descrizione nella letteratura conosciuta di come costruire un orologio solare a rifrazione e ciò, secondo Dupré, sarebbe dovuto al fatto che Benedetti aveva potuto familiarizzare

con gli esemplari di orologi solari che Ettore Ausonio aveva realizzato per Emanuele Filiberto attorno al 1560. Benedetti si rifà ancora al metodo sperimentale di Vitellione per misurare gli angoli di rifrazione e arriva a concludere che una volta conosciuti gli angoli di deviazione, è possibile costruire un orologio solare a rifrazione partendo da un normale orologio solare. E' molto probabile che Benedetti abbia avuto come riferimento anche le tavole delle rifrazioni calcolate da Ausonio, anche se nel suo paragrano non ne fa alcuna menzione.

Un altro collegamento possibile è quello tra Ausonio e Guidobaldo del Monte (1545-1607). In una lettera datata 16 giugno 1610, il figlio di Guidobaldo, Orazio, chiese a Galileo Galilei se poteva aiutarlo a pubblicare qualche opera del padre:

> "Io mi ritrovo in essere alcune opere di mio padre b.m., che vorrei dar fuori; ma li stampatori di Venetia mi hanno tradito troppo con le scorrettioni ne? Problemi Astronomici. Se fosse possibile che in Padova io fossi servito di buon correttore, io le darei fuori volentieri, perché son consigliato ed importunato farlo, et le opere son curiose: la Coclea che inalza l'acqua, divisa in 4 libri; Opuscoli: *In Quintum; De motu terrae; De horologiis, De radiis in aqua refractis…*".

Ulteriore conferma che Guidobaldo del Monte lavorava agli orologi solari a rifrazione ci è data dal suo discepolo Oddi Muzio, come abbiamo visto nell'introduzione del suo libro riportata all'inizio. Così, cronologicamente, abbiamo il primo orologio solare rifratto, che Guidobaldo del Monte fece commissionare a Simone Baroccio, nel 1572, poi quello che lo stesso Guidobaldo realizzò nella vasca della fontana del giardino del Palazzo Ducale di Urbino.
A questo punto Duprè aggiunge un nuovo riferimento: un orologio solare a rifrazione realizzato da costruttore di strumenti scientifici tedesco Christoph Schissler nel 1578 la cui datazione però viene allargata da altri studiosi tra il 1587 e il 1631, escludendo così – secondo Duprè - una possibile correlazione con Guidobaldo del Monte che morì nel 1607. Ma si tratta di una conclusione affrettata e non dimostrata, in quanto l'orologio cui allude Duprè, e di cui non riporta alcuna immagine e descrizione, è attualmente conservato nel museo dell'American Philosophical Society, con sede a Philadelphia e fondata nel 1745, tra gli altri, da Binjamin Franklin.
La scheda descrittiva originale del museo dice:

> The sundial is a wide, shallow dish of gilded metal, elevated on three slender rods above a raised, round, gilded base. The surface of that stepped base is covered with low-relief ornament of figures and fantastic animals. The dish that forms the sundial has a shallow well surrounded by a narrow rim. The rim is engraved with linear ornament and edged with raised mouldings. The interior of the well is engraved with Roman and Arabic numerals, astrological and other symbols, and an elaborate system of lines. The mechanism that reads the position of the sun is a cast figure of a man, positioned along the rim of the bowl, holding in his hand a slender rod. A fine cord tied in the center of the bowl's well runs to the tip of the man's rod, passes through the tip, and hangs by a weight.
>
> Engraved on the bottom of the bowl: CHRISTOPHORUS SCHISSLER GEOMETRICUS AC ASTRONOMICUS ARTIFEX AUGUSTAE VINDELICORUM FACIBAT ANNO 1578 (Christopher Schissler, skilled geometer and astronomer, made (this) at Augsburg in 1578).
>
> http://www.benfranklin300.org/frankliniana/get_results.php?objectType=39

Come è evidente, la firma e la data dell'orologio sono incise chiaramente e il fatto che esso fu realizzato nel 1578 la dice lunga sui fogli manoscritti scientifici che viaggiavano nelle polverose carrozze per le strade d'Europa in quei tempi. E' evidente che deve esserci un anello di congiunzione tra Hartman, Ausonio, Benedetti, Guidobaldo del Monte e Schissler. E' evidente inoltre che L'orologio di Schissler, datato 1578, è anteriore a quello realizzato da Guidobaldo nella vasca del Palazzo Ducale di Urbino, dove dalla descrizione del 1587 si evince che l'orologio non era ancora stato realizzato. Considerata l'incredibile similitudine della forma dei due orologi, cioè una coppa molto piatta, quasi un orologio orizzontale con dei bordi rialzati, è lecito supporre che Guidobaldo del Monte abbia visto ed apprezzato l'orologio di Schissler e che questo sia stata la vera ispirazione per fare quello nella vasca del giardino del palazzo di Urbino.

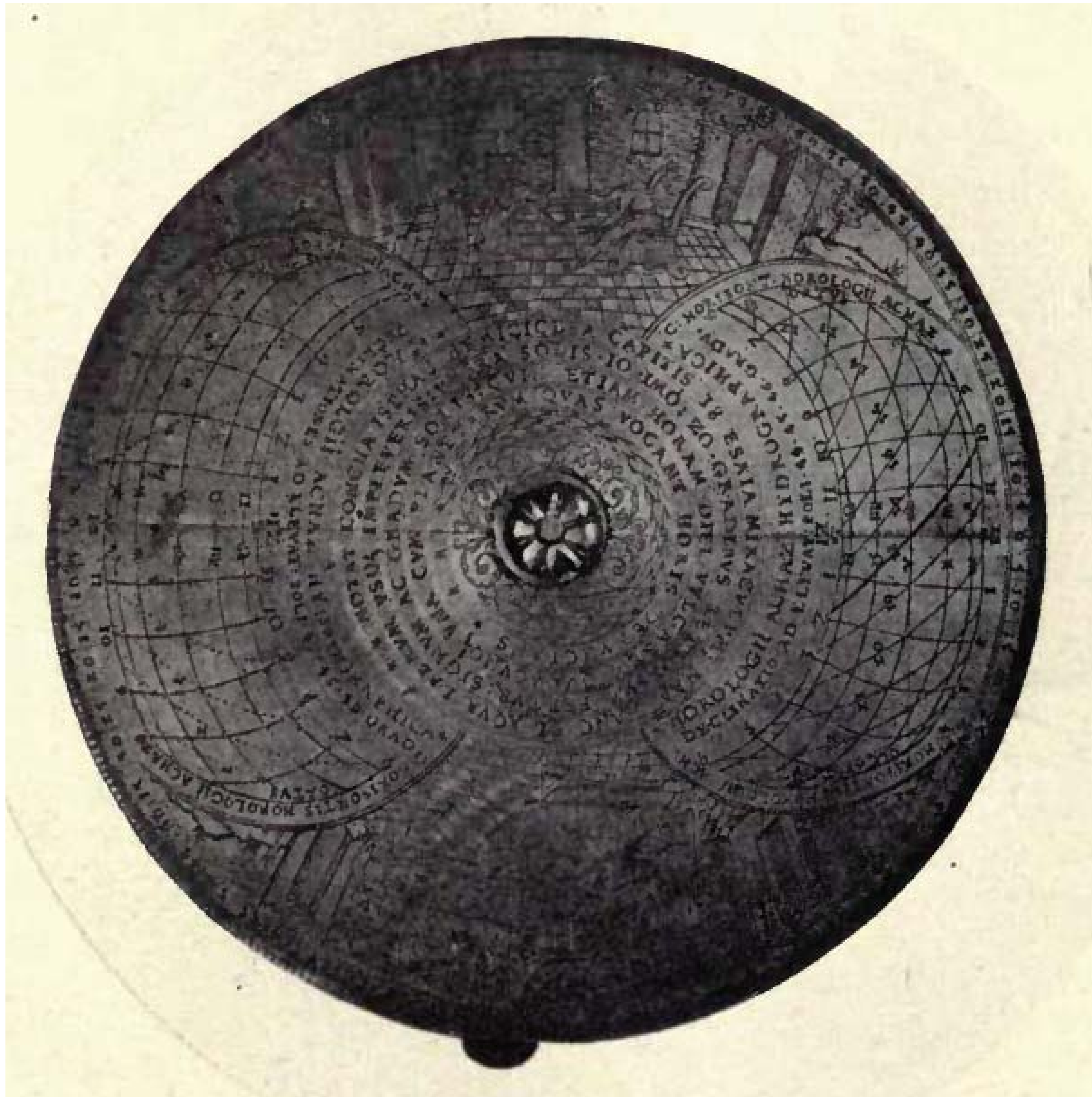


Orologio solare a rifrazione di Cristhop Schissler custodito all'American Philosophical Society di Philadelphia.

E' incredibilmente simile, nella forma, all'orologio a rifrazione realizzato da Guidobaldo del Monte nella vasca a forma di coppa della fontana nel giardino del Palazzo Ducale di Urbino. Oddi Muzio dice che Guidobaldo fu ispirato dall'orologio nella coppa di Simone Barocci, ma è più verosimile che Guidobaldo abbia visto l'orologio di Schissler ed abbia pensato, vista la forma della vasca della fontana, a farne uno simile. Ad ogni modo, l'orologio di Schissler è di gran lunga il più bello che si conserva, il più completo e quello di miglior fattura artistica. Non si hanno descrizioni sul funzionamento se non forse in un articolo di Allan Mills che non posseggo. Una descrizione può ricavarsi da Alice Morse Earle e da Gatty che riporto integralmente sotto. Ma si vede che nella coppa sono descritti due orologi uno su un lato e uno nella parte opposta che non appare essere un orologio del tipo "boreale", come sarebbe un orologio fatto in direzione opposta ad uno australe. Ciò potrebbe far pensare che la figura umana, alla cui lancia è attaccato il filo con peso a piombo che è collegato ad una punta al centro della coppa, potrebbe scorrere lungo il bordo circolare ed essere posizionata dalla parte opposta per servire da gnomone all'altro orologio, debitamente ruotando la coppa di 180 gradi ovviamente. Entrambi gli orologi presentano almeno due tracciati

orari. Uno ha le ore astronomiche e Italiche, l’altro le ore astronomiche e babiloniche. Dato l’elevato numero di curve di declinazione solare che si vede nell’orologio “opposto” allo gnomone (a destra), si può pensare che esso sia un orologio ad “ore di Norimberga”. Questo strumento è un esemplare davvero eccezionale, per la qualità, la raffinatezza artistica e la quantità di informazioni gnomoniche, uniche in un orologio solare a rifrazione.

Dalla descrizione di Alice Morse Earle in Sundial & Roses of Yesterdays, London, 1900, apprendiamo che l’orologio è costituito da due sottili piastre metalliche battute fatte di una lega di rame e argento. La prima, che forma la base dello strumento, la si vede nella figura qui sotto, ripresa sempre da Alice Morse Earle.



Base dell’orologio di Schissler, da Alice Morse Earle.

Vi sono rappresentati due orologi solari che segnano uno le ore Astronomiche comuni e le ore Italiche (a destra) e l’altro le ore Astronomiche e le ore Babiloniche (a sinistra). Al centro c’è una minuscola bussola per l’orientamento dell’orologio. Si legge la dicitura “Horologii Achaz Idrographica” e si notano bene i due sistemi orari negli schemi orologici.
Per quanto riguarda la seconda piastra, che costituisce il vero e proprio orologio, stando a quanto scrive Earle, devo dire che c’è un errore di interpretazione sia da parte di Earle che da parte di

Gatty. Entrambi questi autori infatti dicono che nell'orologio sono descritte le ore comuni e "vari tipi di ore planetarie". Stranamente nessuno dei due accenna al sistema di ore Italiche e Babiloniche, presenti nella prima piastra e al secondo sistema Italico presente nella seconda piastra. Per quanto riguarda i "diversi tipi di ore planetarie", grazie alla seconda immagine pubblicata da Earle, siamo in grado di dire che si tratta (vedi l'orologio di destra della foto tratta dal Museo dell'American Philosophical Society) di un orologio che mostra due tracciati orari. Uno per le ore astronomiche o comuni e uno che mostra o le ore ineguali, denominate anche Planetarie o il tracciato delle Case Celesti (pare di leggere per alcune linee "Domus Coeli V", "Casa Celeste V".

Purtroppo in nessuna delle figure riportate in questo articolo si riesce a distinguere il tracciato sovrapposto all'orologio con le Case Celesti. Ma considerato che si tratta di un "orologio planetario", e visto che le curve delineate simili a quelle diurne, sono troncate sotto il centro dell'orologio nei pressi della linea meridiana, possiamo ipotizzare che si tratti di una semplice tabella planetaria dei Reggenti, cioè che mostra quale pianeta ha influenza in una determinata ora del giorno della settimana.







In alto a sinistra si vede la seconda placca come riportata da Alice Morse Earle. A destra un ingrandimento dell'orologio inferiore in cui si nota la parola "Italica" (a sinistra) e la numerazione oraria 17, 18, 19, ecc. (al centro). Qui a sinistra si vede un ingrandimento dell'orologio superiore, planetario, dove si legge "Domus Coeli V". Le alter linee orarie sono ore comuni Astronomiche, indicate da una doppia numerazione araba e romana.



Orologio di Schissler completo di gnomone, come pubblicato da Alice Morse Earle

tury, the grotesque grooms of Sar Peladan, are not the true Rosicrucians. It is unknown to most of us that there is preserved in Philadelphia a unique relic of those mystics, the most interesting memorial of them that there is now in the entire world. This relic is called the Horologium Achaz, the Sun-dial of Ahaz; in it is performed the miracle of Isaiah, — the shadow is cast backward ten degrees by the refraction of water.

This instrument is shown facing this page. It consists of two finely wrought plates, made of an alloy chiefly of copper and silver; the smaller measures five and three-quarters inches in diameter, and forms the base or standard of the instrument. In the centre is a tiny compass an inch in diameter. There are two encircling bands of wrought and chased work, representing mythological characters and mythical monsters; the under part of this base is even more interesting than the upper portion. It is depicted on page 395. It has a finely engraved and gilded plate, divided into four outer and one middle parts. Two of these are graduated for different elevations, and two contain most interesting panels. One of these represents the king Ahaz sick in bed, while the prophet Isaiah points to a drawing on the wall of the sun and a vertical sun-dial. The other panel apparently figures the twenty-first verse of the chapter of Isaiah which I have just quoted. This verse reads: —

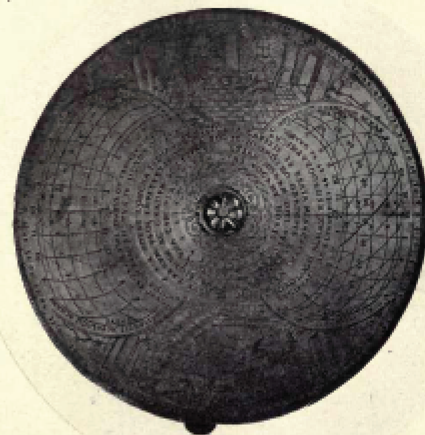
"For Isaiah had said, Let them take a lump of figs and lay it for a plaster upon the boil, and he shall recover."

"This semicircular shell explains the miracle of the 38th chapter of Isaiah. For if you fill it to the brim with water, the shadow of the sun is borne backward ten or twenty degrees. Moreover it indicates any common hour of the day, with what is called the hours of the planets."

The upper plate is the sun-dial proper; it is basin-shaped, ten inches in diameter, with flat, movable rim an inch wide. It is shown on page 396. Upon the upper part of the rim are engraved the signs of the zodiac; underneath is this inscription, *Christophorus Schissler Geometricus ac Astronomicus Artifex Augustæ Vindelicorum Faciebat Anno 1578.* The central plate is divided into the different planetary houses; it is about one and three-quarters of an inch in depth. Upon the rim stands a brass figure representing an astrologer, with extended left hand to hold the gnomon, which is, however, now missing.

By filling this shallow basin with water or any transparent liquid, it can readily be seen that the indicated time was advanced or retarded as much as the angle of refraction; thus was the miracle consummated. This instrument was used doubtless in the calculating of nativities, and for various solar observations; and above all for the astrological uses which would make it so valuable to its early owners, the Rosicrucians.

In the name of the maker, Christopher Schissler, we have a clew to its manufacture and history.



Base of Horologium Achaz.

Schissler was a great mathematician in the days when to be that meant much to all men. He called himself a geometric and astronomical master mechanic, and he was an apprenticed brass worker by trade. That he was a skilful artificer, we need only



this beautiful and ingenious dial to show. He made likewise a fine quadrant, alleged to be of solid gold, for the Bodleian Library at Oxford, England. This

Basin of Horologium Achaz.

was a Rhenish foot square, and weighed several pounds. It was easy to use gold by the pound when you were wise as to the philosopher's stone.



A destra: Orologio portatile “Compendium” di Schissler al Museo del Dipartimento di Storia della Scienza dell’Università di Harvard, dove si trovano alcuni altri importanti orologi solari e strumenti di Schissler.

Per finire, Gatty scrive che Schissler aveva scoperto le leggi della rifrazione almeno 15 anni prima che esse fossero divulgate dagli altri matematici. Ora l’orologio di Schissler è datato 1578 e data l’elevata qualità e precisione dei tracciati orari, significa che già da qualche anno egli era in grado di fare orologi solari a rifrazione. Considerato che il primo personaggio di cui si può dimostrare che abbia scoperto le leggi trigonometriche della rifrazione fu Thomas Harriot nel 1600, possiamo dire che Schissler avrebbe trovato tali legge non quindici anni prima degli altri, ma almeno 20-25. Tuttavia, sarei del parere che egli abbia realizzato i suoi orologi solari a rifrazione non sulla base delle leggi trigonometriche della rifrazione, ma coni metodi utilizzati da Hartman, oppure con quello di Ausonio il quale avrebbe potuto prendere proprio da Schissler il metodo di calcolare la successione degli angoli di rifrazione e farne delle tavole per gli orologi solari.

Oddi Muzio propone invece, per la costruzione degli orologi solari rifratti, la sua “mera pratica”, partendo da un orologio concavo emisferico in cui sia tracciato un normale orologio solare con linee di materia tale da potersi poi cancellare e trovare quindi, sulla base del primo orologio, i raggi “rinfranti” dallo gnomone con l’ausilio di una fonte di luce mobile (la *lucerna che si possa alzare ed abbassare*…) e segnare con delle tacche i punti delle linee rifratte. Un metodo che non tiene conto del calcolo della successione degli angoli di rifrazione come fece Ausonio, ma che probabilmente egli ereditò da G.B. Benedetti.

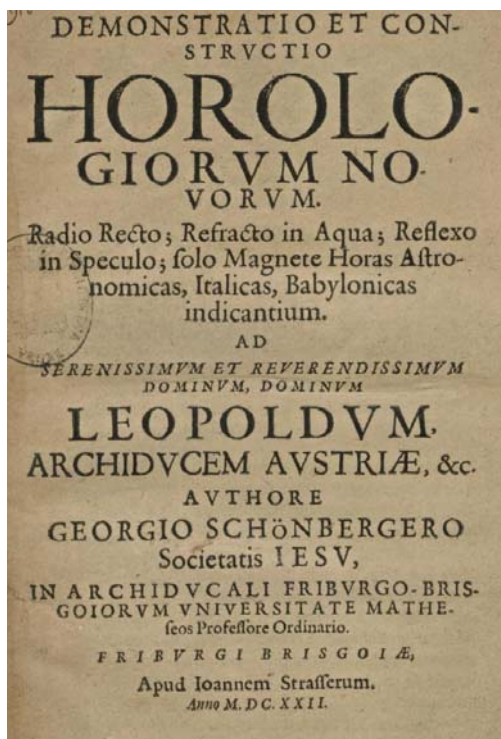
Nelle immagini che seguono si vede l’eccezionale orologio solare a rifrazione di cui parla Oddi Muzio, realizzato da Guidobaldo dei Marchesi del Monte dopo il 1584 e di cui abbiamo dato una descrizione a pagina 4 di questo articolo. L’orologio, realizzato nella tazza della fonte del giardino pensile del Palazzo di Urbino, è unico al mondo nel suo genere. Le foto sono state effettuate nel 1997 dal Sac. Alberto Cintio, veterano della gnomonica in Italia dai primi anni ’80 e organizzatore insieme a Francesco Azzarita, alla Sezione Quadranti Solari dell’UAI e ad altri collaboratori, dei primi mitici seminari nazionali di Gnomonica. Ringrazio Cintio per avermi gentilmente concesso, a suo tempo, queste immagini.



L'orologio solare a rifrazione nel giardino del Palazzo Ducale di Urbino. Foto Alberto Cintio



Ingrandimento della cavità sferica ellittica in cui sono tracciate le linee orarie.

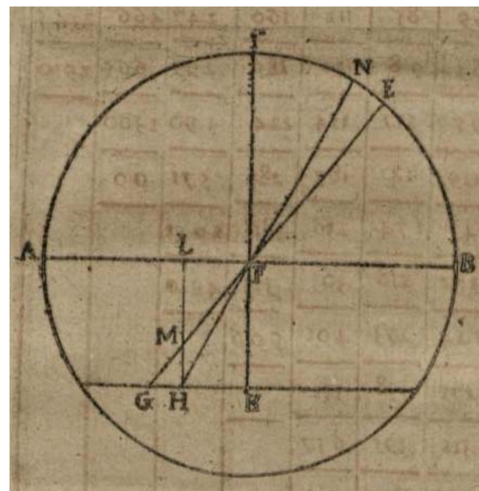


DEMONSTRATIO ET CON-
STRVCTIO
HOROLO-
GIORVM NO-
VORVM.
Radio Recto; Refracto in Aqua; Reflexo in Speculo; ſolo Magnete Horas Aſtronomicas, Italicas, Babylonicas indicantium.
AD
SERENISSIMVM ET REVERENDISSIMVM DOMINVM, DOMINVM
LEOPOLDVM.
ARCHIDVCEM AVSTRIÆ, &c.
AVTHORE
GEORGIO SCHöNBERGERO
Societatis IESV,
IN ARCHIDVCALI FRIBVRGO-BRISGOIORVM VNIVERSITATE MATHEſeos Profeſſore Ordinario.
FRIBVRGI BRISGOIÆ,
Apud Ioannem Straſſerum.
Anno M.DC.XXII.

Dopo Oddi Muzio, non si hanno notizie di letteratura gnomonica relativa agli orologi solari a rifrazione. Fino al 1997, anno in cui pubblicai la Internationa Bbiliography of Gnomonica, in collaborazione col compianto Charles K. Aked della British Sundial Society, si riteneva che il più antico trattato sugli orologi solari a rifrazione e a riflessione fosse quello di Athanasius Kircher, *Primitiae Gnomonicae Catoptricae*, pubblicato ad Avignone nel 1635, quindi tre anni prima dell'edizione del 1638 di Oddi Muzio. Ma fino a qualche anno fa, come si sa, questi libri erano consultabili con speciali permessi solo presso importanti biblioteche nazionali o private. Oltre a ciò, aggiungo che l'opera letteraria di Kircher era conosciuta solo a pochissimi esperti, ma quella gnomonica praticamente a nessuno, se non per una grossolana conoscenza a personaggi come René J-H. Rohr (come ebbe lui stesso a confessarmi in una lettera del 1997). Quindi, la situazione possiamo dire che era un po' confusa qualche decennio fa, sulla bibliografia degli orologi solari a rifrazione, finché, durante la mia catalogazione nel 1996-97 per la International Bibliography of Gnomonica, venni a conoscenza di un libro dal titolo inequivocabile la cui data era di molto anteriore alla pubblicazione di Kircher e di Muzio. Si trattava di George Schoenberger, *Horologiorum Novorum, Radio recto, Refracto in aqua, Reflexo in speculo*, etc., pubblicato a Frigurg, da Joannes Strafferum, nel 1622!

Sono passati più di dieci anni dalla pubblicazione della mia Bibliografia e da allora non è stato ancora trovato un libro specifico dedicato agli orologi a rifrazione, anteriore a allo Schoenberg che risulta essere, così, il primo vero libro a stampa specifico su questo argomento. Lo stesso autore specifica nel titolo del libro che si tratta di "orologi nuovi". Ovviamente Schoenberger sapeva certamente degli orologi a rifrazione già realizzati nel '500 anche da suoi connazionali, come Schissler, ma è evidente che egli, per "horologium novorum" si riferisse a un qualcosa di nuovo nelle pubblicazioni di libri sulla gnomonica. La sua è quindi una prova di quel tempo che vale come autorevole testimonianza dell'assenza di pubblicazioni specifiche sugli orologi a rifrazione e a riflessione nei primi decenni del '600, e di conseguenza anche del '500. E' lecito quindi supporre che sia Athanasius Kircher, dodici anni dopo, che Maignan, più di venti anni dopo, siano partiti dal libro di Schoenberger per ampliare l'argomento nei loro trattati.

Sfogliando questo libro, possiamo considerare quanto segue: l'autore non fa alcuna menzione storica su fatti e personaggi relativi all'invenzione o alla costruzione di orologi solari a rifrazione. Dopo una futile dedica all'arciduca d'Austria Leopoldo, scrive una intera pagina sulla dimostrazione del valore scelto per la latitudine del luogo, citando alcuni grandi autori del '500, come Gemma Frisio, Fineo, Clavio, ecc. Nella parte prima "*De Sciothericis in aqua refractis*", ci accorgiamo che egli riprende per filo e per segno i trattati di ottica di Halazen e Vitellione e che la sua prima tavola delle rifrazioni in acqua dei raggi solari per la costruzione di orologi solari, altro non è che la tavola di Vitellione per i gradi di incidenza e rifrazione con passo di 1 grado, da 1 a 90, includendo l'unico valore diverso rispetto alle tavole di Tolomeo, relativo ai 10 gradi di incidenza pari a 7° 55' di rifrazione, come abbiamo visto sopra.



Altre tavole di rifrazione delle tangenti dell’altezza del sole relative ai segni zodiacali, sono calcolate sulla base delle opere di Palatino, Antonio Magino, Cristoforo Clavio e Bartolomeo Pitisco.

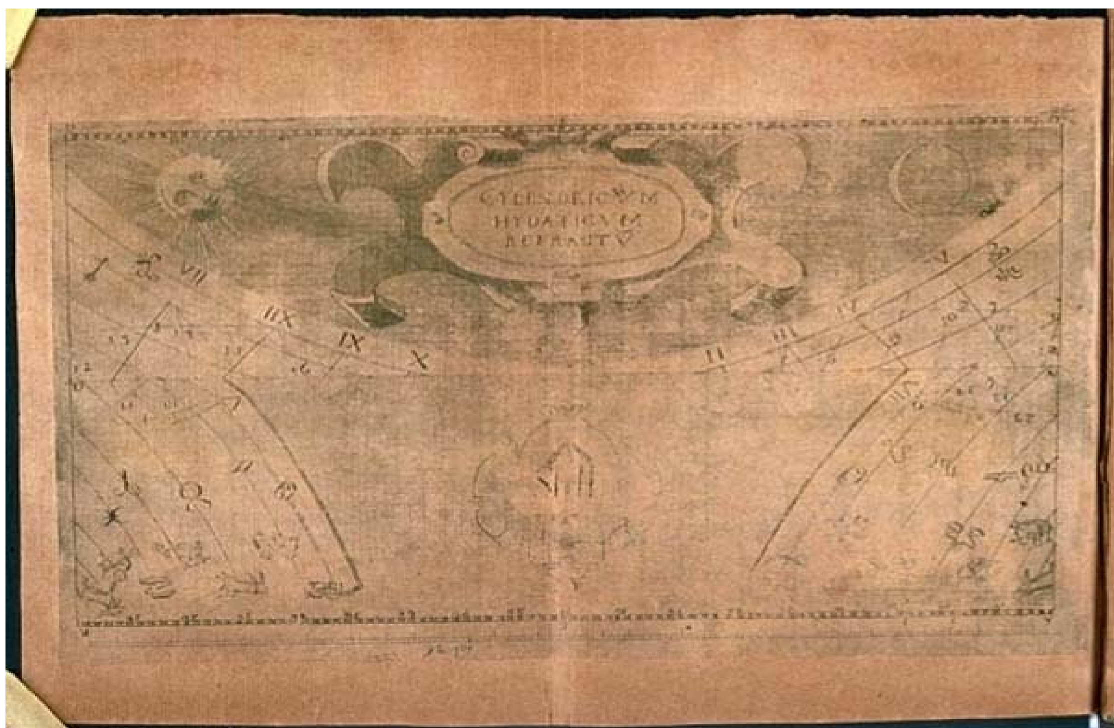
HOROLOGIUM HYDATICUM REFRACTUM HORIZONTALE



Il libro di Schoenberger si dimostra comunque molto interessante, ma occorrerebbe una approfondita analisi del testo latino e una pubblicazione specifica per descriverlo in dettaglio. Qui ci limiteremo a dire che in vari paragrafi egli descrive i seguenti orologi solari a rifrazione:

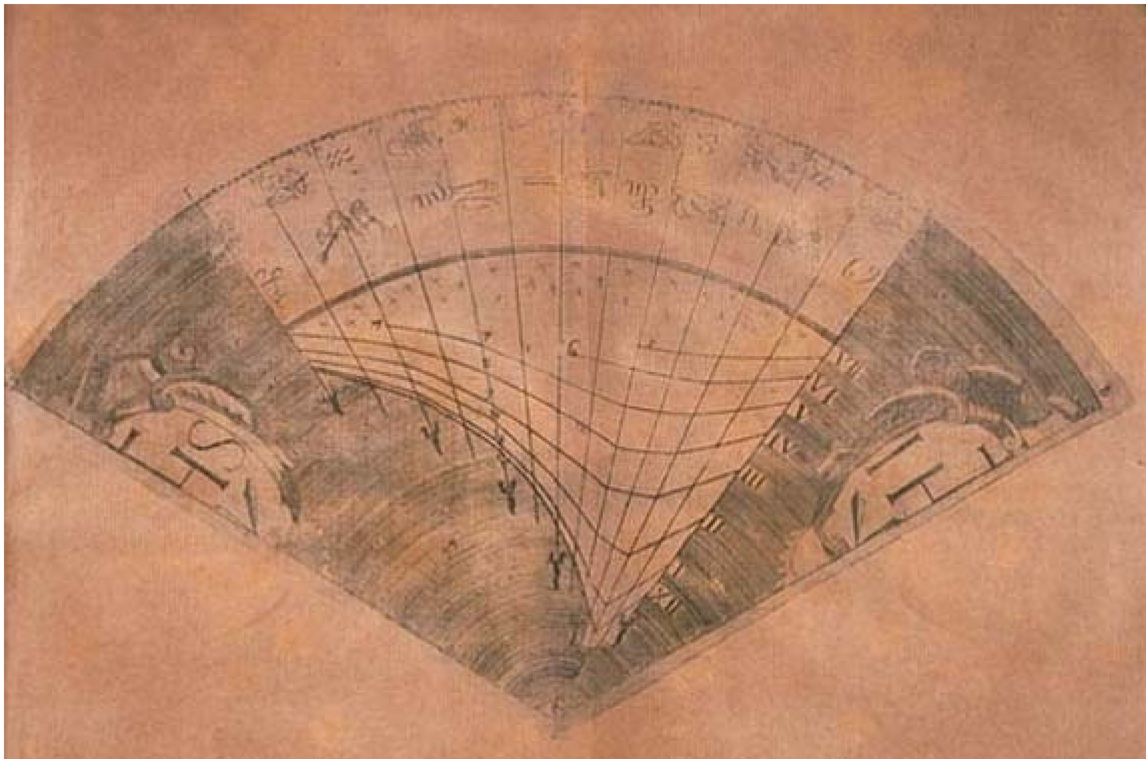
1) Horologium hydaticum astronomico refractum in horizontalis plano describere;
2) Idem, stesso orologio con le ore Babiloniche e Italiche;
3) Horologium hydaticum Astronomicum in concava pyxidis superficie refractu, lucere[11];
4) Idem, stesso orologio con ore Babiloniche e Italiche;
5) Horologium Astronomicum in cilindro concavo hydaticum delineare, quod stylum habeat unico affixum loco [12];
6) Idem, steso orologio con ore Babiloniche e Italiche;
7) Horologium in cono, seu inversa piramide descrivere, astronomicum, Italicum, Babilonicum hydaticum refractum in aqua[13];
8) Horologium hydaticum refractum in aqua cubi quatuor lateribus interioribus, orientali & occidentali, meridiano, verticali australi, & septentrionali, atque horizontali inscribere[14].

E' un peccato che le tavole di questo libro siano state stampate con una pessima qualità e quasi tutte senza alcuna indicazione, o nomi dei vari orologi. Trattando, l'autore, anche di orologi riflessi, magnetici ecc., non è facile distinguere gli orologi rifratti da quelli riflessi, ecc. In ogni caso, qui di seguito si possono vedere alcune di queste tavole di orologi che sono, probabilmente, qui riportati in disegno per la prima volta in un libro a stampa.

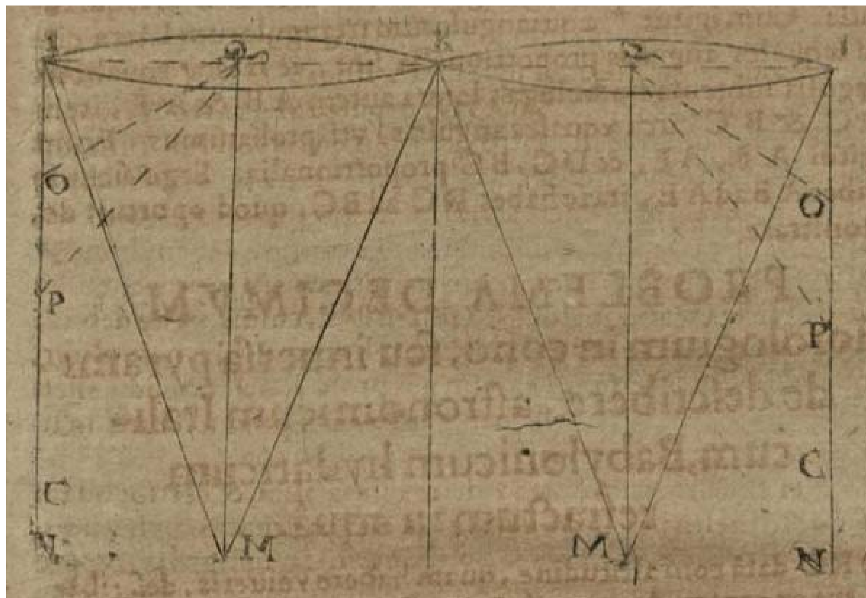


Cilindro orario rifratto (titolalo al punto 5 di prima). La tavola originale è stampata in speculare, qui è riportata normale.

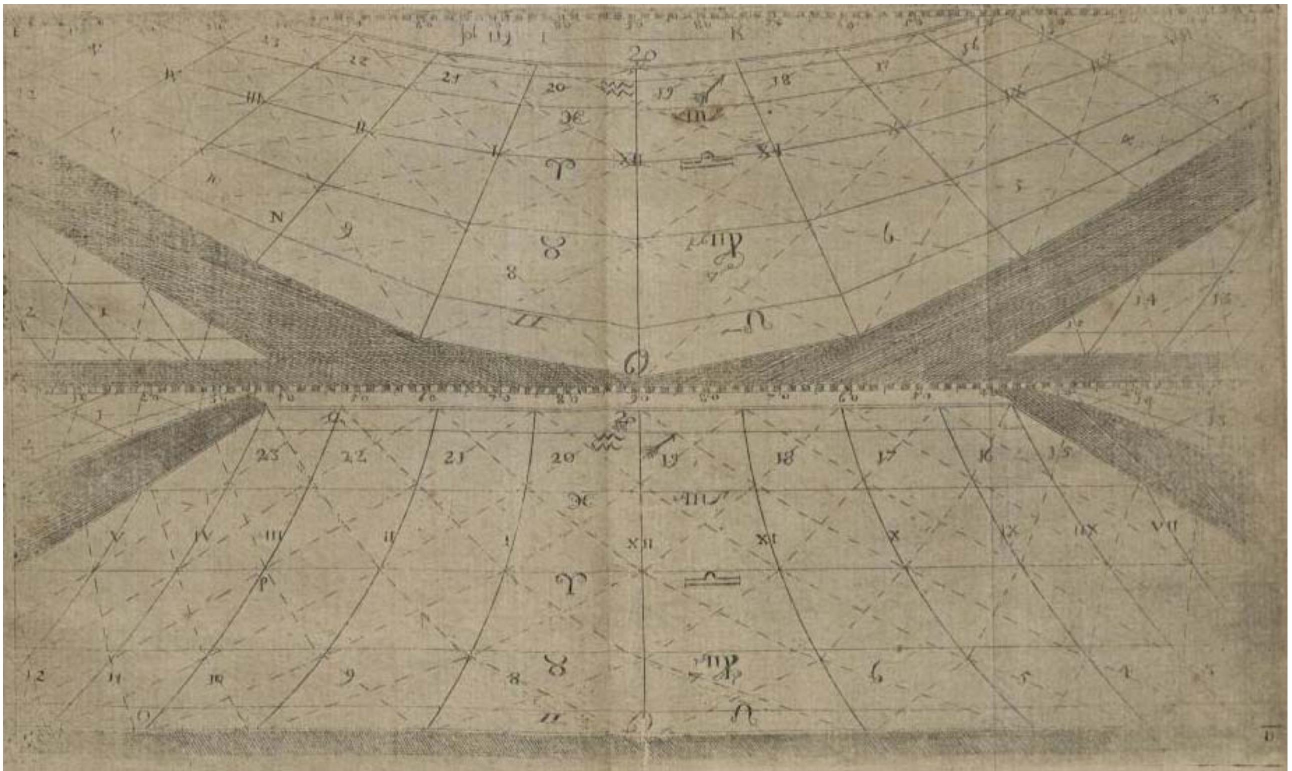
[11] Si tratta del classico orologio a forma di coppa, già realizzati senza rifrazione nel '500.
[12] Orologio a forma di cilindro, del tipo orologio "del Pastore", ma a stilo fisso, immobile, non girevole;
[13] E' questo l'orologio in forma di piramide inversa, molti dei quali venivano realizzati nel '500, ma non a rifrazione.
[14] Si tratta di un orologio poi descritto anche da Kircher nell'Ars Magna. Una sorta di "scatola", quindi un cubo orario, nelle cui facce interne sono descritti i relativi orologi orizzontale, e verticali australe, orientale, occidentale e settentrionale. L'interno ovviamente era riempito d'acqua per funzionare con la rifrazione dei raggi solari.



Probabile orologio rifratto in piramide inversa (punto 7)



Schema dell’orologio a piramide inversa



Probabile orologio cubico retratto (punto 8)

Dopo Schoenberger, arriva nel 1635 la pubblicazione di Athanasius Kircher, *Primitiae Gnomonicae Catoptricae*, , ma questa è un'altra storia…

2009, March, www.nicolaseverino.it
nicolaseverino@libero.it

You Tube search: "nicolaseverino"

Panoramio Greek-Roman sundials context:
http://www.panoramio.com/user/2711353

other web sites of this author
www.roccaseccainarte.it (history of Roccasecca city)
www.jazznicolaseverino.it (pop and Jazz music, Keith Jarrett Tribute)